

industry / Chenot J. L., Fourment L., Coupez T, Ducloux R., Wey E. // Forging and Related Technology. – Birmingham, (UK). – 1998. – P. 113–122 5. Шломчак Г.Г. Проблеми сучасного наукового експерименту в обробці металів тиснення // Вісті Академії інж. Наук України. – 1995. - №3. – с. 79-89

## УДК 621.762.4

**ГАПОНОВА О.П.**, канд. техн. наук, старш. преподаватель, СумГУ, г. Сумы

### **РАЗРАБОТКА ТЕРМОМЕХАНИЧЕСКОГО РЕЖИМА ШТАМПОВКИ ДЕТАЛИ «РОЛИК СВАРОЧНЫЙ»**

Разработан термомеханический режим штамповки детали «ролик сварочный» из порошкового медно-титанового материала с массовым содержанием титана 0,5%, который включает операции холодного прессования пористой заготовки, спекания и штамповку при температуре 600°C. Применение предложенного режима позволило получить детали высокого качества с необходимыми физико-механическими свойствами.

Розроблений термомеханічний режим штампування деталі «ролик зварювальний» з порошкового мідно-титанового матеріалу з масовим вмістом титану 0,5%, який включає операції холодного пресування пористої заготовки, спікання та штампування при температурі 600°C. Застосування запропонованого режиму дозволило отримати деталі високої якості з необхідними фізико-механічними властивостями.

The thermomechanical conditions stamping of detail the «roller welding» from copper-titanium powder material with mass content of titanium 0,5% has developed, which includes the operations of the cold pressing of porous billets, sintering and stamping at temperature 600°C. Application of the introduced conditions allowed to get the detail of high quality with necessary physical-mechanical properties.

Перспективными материалами электротехнического назначения являются порошковые материалы на основе меди с массовым содержанием титана 0,5% [1]. Методы порошковой металлургии позволяют получить в одной композиции свойства разных материалов. Медная матрица обеспечивает достаточно высокую электро- и теплопроводность, а частицы титана – получение материала с высокой прочностью, твердостью, износостойкостью и дугостойкостью. Применение термомеханических режимов при изготовлении изделий из порошковых материалов, варьирование такими параметрами как температура, степень и скорость деформации позволит получать изделия с заданной структурой и высокими физико-механическими свойствами.

Целью работы является разработка термомеханического режима штамповки детали «ролик сварочный» из порошкового медно-титанового материала.

Результаты экспериментальных исследований пластического течения, изменения пористости и структурообразования порошковых медно-титановых материалов с массовым содержанием 0,5% Ti [2, 3], а также теоретических исследований процессов динамического разупрочнения показали, что в температурном интервале 100-300°C разупрочнение твердой фазы осуществляется за счет динамического возврата, а при температурах 500-700°C – динамической рекристаллизации, которая приводит к наиболее интенсивному уменьшению напряжений тече-

ния и уплотнению [4]. Кроме того, при деформации в интервале 500-600°C в следствие разупрочнения за счет динамической рекристаллизации твердой фазы формируется мелкозернистая структура с размером зерна меди до 5,4 мкм.

На основании полученных теоретических и экспериментальных исследований разработана технология изготовления детали «ролик сварочный» из порошкового медно-титанового материала с 0,5% Ti (рис. 1). Технология изготовления детали включает операции холодного прессования пористой заготовки пористостью 10-15%, спекания при температуре 920°C и штамповку при температуре 600°C.

Прессование заготовки детали «ролик сварочный» пористостью 15% выполняли на гидравлическом прессе модели ПД-476 силой 1600 кН. Форма и параметры заготовки после прессования представлены на рис. 2, а. Спекание спрессованных заготовок проводили по ступенчатому режиму в среде генераторного газа, выдержка при температуре  $920 \pm 5^\circ\text{C}$  составляла 3 ч. Спеченные заготовки с целью доуплотнения, формирования рабочей части детали и получения требуемых геометрических размеров штамповали при температуре  $600 \pm 5^\circ\text{C}$  на винтовом прессе с дугостаторным приводом модели Ф-1730. При этом учитывали, что скорость деформирования на этом прессе больше, чем при изготовлении прессованной заготовки, что обеспечивает высокое качество доуплотнения. Для снижения трения между штамповым инструментом и заготовкой применяли смазку  $\text{MoS}_2$ . Форма и параметры заготовки после штамповки представлены на рис. 2, б.

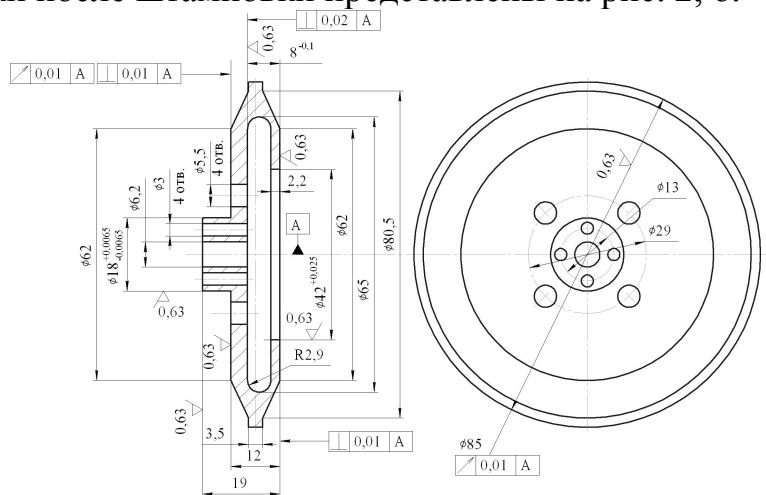


Рис. 1. Ролик сварочный

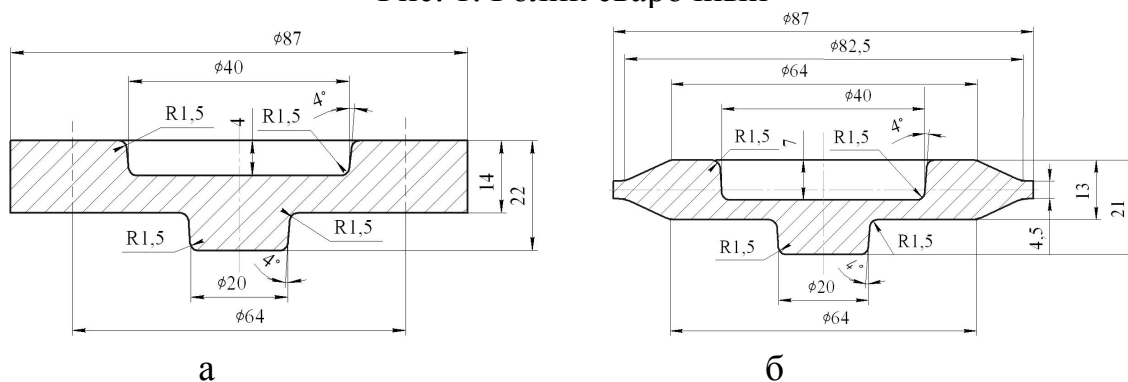


Рис. 2. Заготовки детали «ролик сварочный»:  
а – до штамповки; б – после штамповки

После штамповки проводили макро- и микроанализ заготовок и оценивали их качество путем определения физико-механических свойств.

Визуальный контроль заготовок показал, что штамповкой при 600°C получены качественные изделия без макродефектов. Металлографический анализ проводили на образцах, вырезанных из средней и рабочей части изделия с использованием металлографического микроскопа «НЕОРНОТ 21». Микроструктура заготовок после штамповки характеризуется мелким равноосным зерном меди размером 4,5-5,3 мкм (рис. 3, а и б), которое сформировалось в результате прохождения динамической рекристаллизации. Следует отметить, что наиболее мелкозернистая структура характерна для рабочей части изделия (рис. 3, а), поскольку при штамповке в этом участке степень деформации достигает максимальной величины. В структуре присутствуют равномерно распределенные по объему заготовки частицы титана размером 15 мкм.

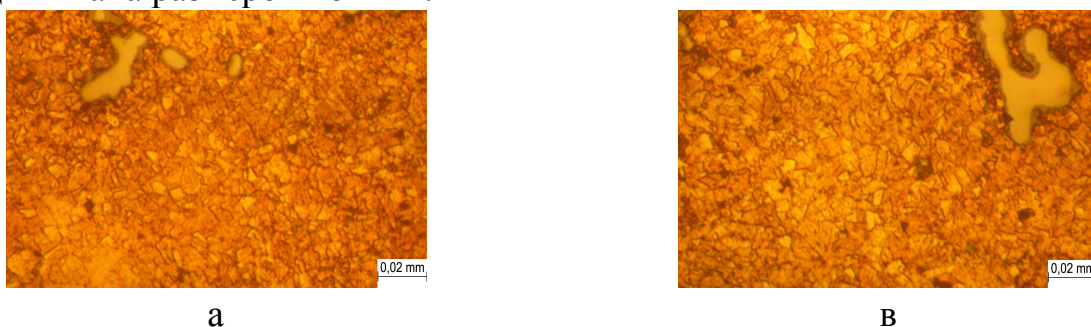


Рис. 3. Микроструктура заготовки детали «ролик сварочный» после штамповки: а – рабочая; б – средняя часть заготовки

Для оценки качества детали определяли физико-механические свойства: плотность разных частей детали методом гидростатического взвешивания согласно ГОСТ 25281-82, удельное электросопротивление мостовым методом (ГОСТ 7229-76); твердость на приборе Бринелля ГОСТ-9012-59, испытание на растяжение по ГОСТ 1497-84.

Мелкозернистая структура, полученная в результате штамповки при 600°C обеспечивает повышенные механические свойства готовой детали «ролик сварочный». В табл. 1 приведены физико-механические свойства детали, изготовленной из компактной меди марки М1 и детали, полученной обработкой давлением порошковой заготовки.

Таблица 1. Физико-механические свойства детали «ролик сварочный»

Материал	Свойства					
	$\sigma_s$ , МПа	$\delta$ , %	НВ	Электросопротивление, Ом·мм <sup>2</sup> /м	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Разноплотность, %
Компактная медь М1	200-240	18	40-60	0,0172	8,9	-
Порошковый материал Cu-0,5%Ti	270	4	90-100	0,021	8,86	< 1

При изготовлении детали из порошкового медно-титанового материала штамповкой порошковой заготовки по сравнению с традиционной технологией повышается твердость в 2 раза, предел прочности при испытании на растяжение в 1,4 раза. При этом удельное электрическое сопротивление возрастает незначительно (табл. 1). Применение порошкового медно-титанового материала для изготовления детали позволяет повысить эксплуатационные свойства готовых изделий за счет упрочнения медной матрицы частицами титана и термомеханического упрочнения. Необходимо отметить, что медно-титановые изделия, изготовленные обработкой давлением порошковых заготовок, характеризуются повышенной способностью сопротивляться разрушению, изменению их массы, формы и объема при воздействии электрической дуги.

Таким образом, разработана технология изготовления детали «ролик сварочный» из порошкового медно-титанового материала с массовой долей титана 0,5%, включающая операции: холодное прессование заготовки пористостью 15%, спекание при 900-920°C в среде генераторного газа; штамповку при температуре 600°C. Применение термомеханического режима штамповки позволило получить изделия высокого качества с мелкозернистой структурой, обеспечивающей необходимые физико-механические свойства порошкового материала и эксплуатационные характеристики готовых изделий.

**Список литературы:** 1. Салькова С.С. Порошковые материалы для оснащения электросварочного оборудования / С.С. Салькова, Т.В. Писаренко, В.Г. Сегель, Н.Н. Павлов, А.Р. Шерстюк // Порошковая металлургия. – 1991. - №9. – С. 88-93. 2. Gaponova O. Deforming of the copper-titanium powder materials at elevated temperatures / O. Gaponova, L. Ryabicheva. // International Conference Deformation and fracture in structural pm materials DF PM 2008 Proceedings. - Stará Lesná, High Tatras, Slovak Republic, 2008. - P. 202-206. 3. Рябичева Л.А. Исследование свободной осадки порошковых медно-титановых материалов / Л.А. Рябичева, О.П. Гапонова // Наукові праці ДонНТУ. Металургія. – Донецьк, ДонНТУ. – 2008. – Вип. 10 (141). – С. 236-240. 4. Рябичева Л.А. Взаимосвязь параметров пластического деформирования и структурообразования в порошковых пористых телах / Л.А. Рябичева, О.П. Гапонова // Обработка материалов давлением Сб. науч. тр. – Краматорск: 2009. – №1 (20). – С. 193-198.

**УДК 621.981.1**

**КАЛЮЖНИЙ О.В.**, канд. техн. наук, ст. викл., НТУУ „КПІ”, м. Київ

## **РОЗРАХУНКОВИЙ АНАЛІЗ ГОФРУВАННЯ ПОЛОСИ ІЗ МАЛОВУГЛЕЦЕВОЇ СТАЛІ**

Розглянутий розрахунковий аналіз методом скінчених елементів процес гофрування полоси з малоуглецевої сталі. Визначені силові режими, напружено-деформований стан заготовки, встановлена кінцева геометрія виробу.

Ключові слова: розрахунковий аналіз, формоутворення гофр, силові режими, деформований

Рассмотрен расчетный анализ методом конечных элементов процесса гофрирования полосы из малоуглеродистой стали. Определены силовые режимы, напряженно-деформированное состояние заготовки, установлена конечная геометрия изделия.